



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الخامسة عشر

١٢٧

محاضرة

عن صناعة الأسمدة  
من كهرباء خزان أسوان

لمفضرة الدكتور محمود عمر

الأستاذ بمدرسة الهندسة الملكية

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٣٥

حقوق الطبع محفوظة للجمعية

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسؤولة عما جاء بهذه الصحافة من البيان والآراء  
تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحافة للنقد وكل نقد يرسل للجمعية  
يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالحبر الأسود  
(شيني) ويرسل برسمها .



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الخامسة عشر

١٢٧

محاضرة

عن صناعة الأسمدة

من كهرباء خزان أسوان

لمحاضرة الدكتور محمود عمر

الأستاذ بمدرسة الهندسة الملكية

أقيمت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٣٥

حقوق الطبع محفوظة للجمعية

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الأكبر بمصر

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء  
تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية  
يجب أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالجبر الأسود  
(شئى) ويرسل برسمها .

# صناعة الأسمدة

## من كهرباء مساقط المياه

قبل البدء في صناعة الأسمدة من الجو بمساعدة الكهرباء أود أن ألقى نظرة على التطورات التي دعت إلى هذا الاختراع الذي أحدث تطوراً هاماً في تاريخ الصناعة وإلى أهميته في التطورات الحالية وبالأخص بالنسبة إلى مصر .

يحتوى الهواء نحو ٨٠ ٪ / آزوتاً ونحو ٢٠ ٪ / أو كسجيناً وبعض الغازات الأخرى بكسور مختلفة ولقد ظل آزوت الهواء حتى بدء القرن العشرين لا يستفاد به من الوجهة الصناعية مطلقاً لشدة احتفاظ جزيء الآزوت بكيانه وعدم تداخله في تفاعلات عادية ولما كان الآزوت الغازى لا يذوب في الماء إلا بنسبة ضئيلة وهو كما يعلم الجميع مكون هام للمواد الزلالية في النبات والحيوان . وجب إذن تحويله إلى أملاح ذائبة أو مركبات يمكن إدخالها إلى جذور الأشجار . وكان اعتماد الزراعة في كافة أنحاء العالم على الآزوت الموجود في ملح شيلى أو المستخرج من سلفات النشادر من تقطير الفحم الحجري . وظلت شيلى حتى عام ١٩١٢ مصدر البلاد الزراعية بدرجة أن بلغ ما كان يستخرج من مناجمها في ذلك العام نحو ٢٥ مليون من الأطنان وبلغ ثمن الطن الواحد أكثر من ٢٠ جنيهاً مصرياً وتضاعف هذا المبلغ في أثناء الحرب العظمى لشدة ما لهذه النترات من علاقة بصناعة

المفرقات وكثير من الأملاح الأخرى المطلوبة في الحروب . وهذا علاوة على مقادير النشادر المستخرجة بكميات وافرة من تقطير الفحم فقد أنتجت ألمانيا وحدها في عام ١٩١٢ ما يقرب من ٥٠٠ ألف طن غير ممالك العالم الأخرى المألوفة لناجم شتى من الفحم الحجري .

ولما كانت الحرب العالمية وقاست الدول الأوروبية من ضروب الحصر البحري ما عاق وصول ملح شيلي إليها ففتقت الحاجة حيلة العلماء فاستخدموا كنزاً قديماً لكافنديش أغنام عن شراء هذا الملح . فلقد وجد هذا العالم في أواخر القرن الثامن عشر أنه إذا مرر شرراً كهربائياً في الهواء فإن غازاً أحمرّاً يتكون ويدوب في محلول الصودا ولكن هذه الفكرة أهملت لعدم إمكان تطبيقها عملياً — فلما حان الوقت وأصبح النصر في الحرب لا يقوم أمامه ثمن عمدت المصانع إلى استغلال هذه المشاهدة حتى فازت في عام ١٩١٦ بصناعة حامض الآزوتيك مباشرة من الهواء وتقدمت هذه الصناعة بالطرق المختلفة حتى غمرت أسواق العالم بعد أن وضعت الحرب أوزارها بدرجة اضطرت معها أسواق شيلي للهبوط فكان الطن في عام ١٩٢١ بأثنى عشر جنيهاً ونصف . وفي عام ١٩٢٥ ، ١١ جنيهاً مصرياً وفي عام ١٩٣٠ عشرة جنيهاً وفي عام ١٩٣٢ ، ٩,٤٠٠ جنيهاً وبلغ ثمن ما استوردته مصر في عام ١٩٢٥ من أصناف الأسمدة الآزوتية المختلفة ٢ ١/٢ مليوناً من الجنيهاً وفي عام ١٩٣١ ما قيمته نحو ( ١,٨٠٠,٠٠٠ جنية ) وفي عام ١٩٣٢ رغم الأزمة الشديدة ( ١,٦٥٠,٠٠٠ جنية ) وفي عام ١٩٣٣ نحو ( ١,٨٠٠,٠٠٠ جنية )

وبلغ ثمن كبريتات النشادر الصناعية التي تحتوى على ٢٠,٩ ٪ من

الآزوت نحو ١٠٠ ٨٠ جنيهاً أى أقل ثمنًا من نترات شيلي الطبيعية المحتوية  
 ١٦٪ / آزوتًا بأكثر من جنيته في الطن الواحد وهذا ما يرينا السبب في  
 هبوط ماح شيلي هذا الهبوط الكبير .

ويقدر نوع السماد الأزوتى عادة بمقدار الأزوت الذى يحتويه ويكون  
 ذاتيًا مثلاً :

كبريتات النشادر تحتوى ٢٠ ٩٪ آزوتًا وكلورور النشادر ٢٥٪  
 نترات النشادر « ٢٦ ٪ » ونترات الجير ٢١٪  
 نترات الصودا « ١٦ ٪ » ونترات لونا (صناعى) ٣٧٪  
 وهناك جملة مزيجات سمادية أخرى تحتوى أملاحًا مختلفة من الآزوت  
 أو من الآزوت والفسفات . ولتعرف أهمية الأسمدة في الزراعة نأتى على  
 مختصر من ميزانية الأرض العادية في مصر من إيرادها ومصروفها في الآزوت .  
 فيكسب الفدان الواحد من الأرض المروية بماء النيل ما يأتى :  
 نحو ٦ كيلو جرام أزوت من الطمى ونحو ١١ كيلو جرام أكسيد  
 فسفور

ونحو ٣٠ — ٤٠ كيلو جرام أزوت من المزروعات الأزوتية داخل  
 الأرض (لوجينز)

ونحو ٥٠ كيلو جرام أزوت للأراضى المزروعة برسيا ومستعملة كمرعى  
 فيقع على الفدان نحو ٩٥ كيلو جرام أزوت يضيع منها نحو الثلث في  
 ماء الصرف للقطن ويأخذ المحصول ما يتبقى مضافاً إليه طبعا الأزوت  
 الصناعى الذى يضاف وهو نحو ٢٠٠ كيلو فى المتوسط

وقد كان مجموع ما استهلك من الأسمدة لتقوية الأراضى فى مصر بحسب الأعوام الزراعية (من يوليو) إلى نهاية يونيو من كل عام محسوبا على مقادير الأزوت كالآتى بالطن .

عام ١٩٢٧-٢٨ ٢٨/٢٩ ٣٠/٢٩ ٣١/٣٠ ٣٢/٣١ ٣٣/٣٢ ٣٤/٣٣  
طن ٣٤٠٠٠ ٣٦٠٠٠ ٤٤٠٠٠ ٤٠٠٠٠ ٤٢٠٠٠ ٣٩٠٠٠ ٤٠٠٠٠

وكان مجموع ما أنتج فى العالم من الأسمدة الأزوتية فى الأعوام نفسها كالآتى بالألف طن أزوت

١٧٠٠ ٢٣٠٠ ٢٣٥٠ ١٧٠٠ ١٦٠٠ ١٧٠٠

وهى موزعة على جميع ممالك العالم أولها ألمانيا ثم اليابان ثم إنجلترا وهى محسوبة على الأنواع المختلفة من الأسمدة الأزوتية مثل نترات الصودا ونترات الجير والجير النشادرى والسيانيد

ويقع على البلاد الزراعية المتمدينة المقادير الآتية من الأسمدة الأزوتية عن كل هكتار منزرع

اليابان ٤١٥ كجرام أزوت مصر ٢٠٥ ألمانيا ١٨٢ هالندا ٧٧ الولايات المتحدة ١٥ اليونان ٨ إيطاليا ٣٥ رومانيا ٢٠٢

وإذا راعينا أن معظم أراضى مصر تعطى محصولين كان هذا الرقم مضاعفا بالنسبة للبلاد الأخرى .

ونرى من كل هذا الاحصاء تزايد المقطوعية باستمرار إذا استثنينا ثلاث السنين المجاف التى أشدتها فيها الأزمة الزراعية إذ نرى بعد ذلك اتعاشا فى ٣٣/٣٤ .



كما أننا نستنتج أن زيادة اهتمام العالم بالمحاصيل الزراعية وهي كثرت في الممالك لا يفي وتقدم العمران والاضطرار إلى تحسين الأراضي البور — كان ذلك كله من دواعي التفاؤل القوي لاستغلال مثل هذه الصناعة في مصر — بدون التعرض طبعاً للإحوال الاقتصادية العالمية . كما أننا يمكننا أن نتفأل بأن المقدار المستعمل في مصر وهو نحو ٢٠٠ كيلوجرام الآن على المكثار من الأرض يمكن أن يصير عشرة أمثال هذا المقدار إذا استغل كل فدان ما يصح أن يستغله ليخرج من الأرض أقصى محصول .

### صناعة الأسمدة الآزوتية

كانت العقبة الكؤود في صناعة الأسمدة الآزوتية هي وحدة جزئية . الأزوت وعدم تفككها واتحادها بالعناصر الأخرى ومن ثم كان كل مجهود الباحثين منصرف إلى تقسيم جزئي الأزوت إلى ذراتها وقد توصلوا فعلاً لذلك بطريقتين عامتين . أولاً اتحاد الأزوت بعناصر أخرى بالعامل الوسيط والضغط والثانية بإحراق الهواء بالشرر الكهربائي — وأهم هذه الطرق سناعياً الآن هي صناعة النشادر من مكوناته ثم حرقه مع الهواء إلى حامض الأزوتيك إذ أن اتحاد الأزوت بالأيديروجين أسهل منه بالأكسجين ورغم ازدواج العملية للحصول على حامض الأزوتيك فإن النسبة النهائية أعلى مما لو كان الاحتراق مباشرة . وللبدء في هذه العملية — عملية تحضير النشادر — يجب أولاً تحضير الأزوت تقياً من الهواء وتحضير الأيديروجين .

أما تحضير الآزوت فكان يصنع أولاً بواسطة احتراق النحاس في الهواء فيأخذ الأوكسيجين ويتبقى الآزوت وهى طريقة عتيقة وفى معظم الأحيان يكون الآزوت متمزجاً ببعض الغازات الأخرى مثل ثانى أكسيد الكربون والهليوم وغيرها ويستخلص الآزوت حديثاً بتقطير الهواء السائل تقطيراً جزئياً وأحدث هذه الطرق بواسطة عمود التقطير المزدوج [ Linde Eismaschine ] وهو عبارة عن سلسلة مقطرات للهواء السائل وهذا الجهاز كما هو موضح فى شكل ( ١ ) يحتوى على عمودين للتبريد فيدخل الهواء المتبقى المبرد إلى أقل من  $150^{\circ}$  تحت ضغط نحو  $50$  جو فى المكثف ( ١ ) فيتحول إلى سائل ويخرج من ( ٢ ) بعد أن يخفف الضغط من عليه فينزل الأوكسيجين السائل إلى أسفل بينما الآزوت يتبخر لما بينهما من فرق فى درجة التبخر والضغط ويتبخر أيضاً جزء من الأوكسيجين مع الآزوت مكوناً نحو  $40\%$  منه وبعلامة هذه الغازات للأوكسيجين السائل النازل من أعلى يسيل بعض الأوكسيجين ثانياً وبهذه الطريقة يصير الآزوت نقياً بالتدرج إلى أن يصل إلى المكثف الأعلى ( ٣ ) حيث يضغط ثانياً المزيج ويرفع الآزوت السائل ( المحتوى قليلاً من الأوكسيجين ) إلى أعلى العمود الثانى ( ٤ ) حيث ينزل فيه فيتبخر وينقى بالطريقة نفسها حتى يصل إلى نحو  $100\%$  آزوت ويؤخذ كغاز من الفتحة ( ٥ ) . والآزوت الغازى يسيل فى  $195.7^{\circ}$  تحت الضغط المعتاد بينما يسيل الأوكسيجين فى  $180.5^{\circ}$  .

والآزوت يحتاج فى تسيله فى درجة حرارته الحرجة (  $-147^{\circ}$  )

إلى ٣٤٥ جو تقريبا وفي ( - ١٦٣ ) إلى ١٤ كيلو جرام سنتيمتر ضغط وفي ( - ١٨٠ ° ) إلى نحو ٤ كيلو جرام سنتيمتر ويزن اللتر منه في الحالة الغازية ١١٤٨ جرام وكثافته وهوسائل أقل من الماء ( ٠.٨٠٨ ) عند درجة التسييل وتبلغ حرارة تبخر السائل ( عند درجة تبخره ) نحو ٤٧ سعرا للكيلوجرام .

أما تكاليف إنتاج المتر المكعب من هذا الغاز مع حساب استهلاك رأس المال والمآكينات فيتوقف عادة على إدارة المصنع إذا كان العمل طول ٢٤ ساعة وكية الإنتاج فإذا زادت هذه عن ٤٠٠٠ متر مكعب ساعة كانت تكاليف المتر المكعب ما يعادل  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{5}$  كيلوات ساعة .  
أما إذا قل الإنتاج عن ٤٠٠٠ متر مكعب ساعة كانت التكاليف أكثر قليلا .

أما الايدروجين وهو المكون الثاني للنشادر فيحضر من تحليل الماء  $H_2O$  بالعوامل المختلفة فيحضر في أوروبا مثلا بتحليل الماء بواسطة الفحم الكوك المكس وبعمرور الماء عليه في درجة حرارة احمراره يحللها إلى عناصرها الأوكسجين - ويكون معه أول أكسيد الكربون والايديروجين ويبقى ممتزجا به . وهذا المزيج ويسمى غاز الماء يحتوي تقريبا ٥٠٪ إيدروجينا ، ٤٢٪ أول أكسيد الكربون ، ٥٪ أزوتا ، ٣٪ ثاني أكسيد الكربون ويمكن استخلاص الايدروجين من هذا المزيج بجملة طرق صناعية منها أكسدة أول أكسيد الكربون بواسطة غاز الماء ثانيا بالضغط والحرارة ثم امتصاص ثاني أكسيد الكربون أو

تبريده فيتحول سائلا ويبقى الايدروجين في حالته الغازية فيجمع . ويتحول ثانياً أكسيد الكربون إلى سائل في ( - ٧٠ ° ) مئوية بينما الايدروجين يسيل في - ٢٥٣ ° تقريباً وكذلك يمكن امتصاص أول وثاني أكسيد الكربون بواسطة ماء الجير - ويبقى الايدروجين .

وقد يحضر الايدروجين أيضاً من بخار الماء بواسطة تمريره الأخير على الحديد المنصهر في أفران خاصة فيتأكسد الحديد على حساب بخار الماء ويتبقى الايدروجين حراً ويختزل أكسيد الحديد ثانياً بواسطة أول أكسيد الكربون أو غاز الماء وتعاد العملية الأولى وهكذا فيمكن استعمال الحديد على التوالي واستخراج الايدروجين من بخار الماء وهي طريقة تحتاج إلى غم كثير للاختزال وتسخين الحديد .

أما طريقة تحليل الماء كهربائياً - وهي في اعتقادي أجدى الطرق لحالة مصر لعدم وجود الفحم بكمية وبشمن يمكن اتخاذه كخام لتحضير غاز الماء . فهي تلخص في إمرار تيار كهربائي في محلول نحو ٢٨٪ من الصودا الكاوية في بطاريات حديدية ذات أقطاب من الحديد عالية ومحاط كل منها بكيس من الحرير الصخري Asbestos ليمتنع تسرب غاز الايدروجين من القطب السالب إلى غاز الأكسجين المكون على القطب الموجب وحتى لا يمتزجا كما هو مبين بالشكل ( ٢ ) وهذه الخليات تختلف باختلاف المادة العازلة واختلاف الأقطاب وأهمها الآن بطارية شوكرت - ومتوسط قوة البطارية نحو ١٢٠٠ أمبير وبها عدة لوحات حديدية متصلة بالتوالي و فرق القوة الدافعة الكهربائية من أول دخولها البطارية إلى خروجها منها

نحو ٢٣ فولت — ويتكلف في مثل هذه البطارية المتر المكعب من الايدروجين ونصف المتر من الأكسيجين نحو ٤٦ — ٢٥ كيلوات ساعة بحسب عدد الأمبيرات وتبلغ نقاوة الايدروجين من هذا الجهاز ١٠٠ ٪ والأوكسيجين كذلك وأكبر محطة من هذه البطاريات حتى عام ١٩٣٢ أنشئت في فرنسا وبها ٨٠٠ بطارية منظمة في ٤٠ صف ولكل مائتين منها اتصال كهربائي بقوة دافعة ٥٠٠ فولت وقوتها ٨٦٠٠ أمبير ومحطة أخرى في كولومبيا البريطانية وبها ٣٠٦ بطارية تشتغل ب ١٠ آلاف أمبير وتخرج في الساعة نحو ١٤٠٠ متر مكعب إيدروجين ، ٧٠٠ متر مكعب أوكسيجين وهناك خلايا توزر وأكثرت استعمالها في إيطاليا في بلدة Crotone بشركة النشار عدة بطاريات تشتغل على قوة دافعة ٧٠٠ فولت وقوة كهربائية ١٤٠٠٠ أمبير حيث يقع على كل خلية ٢٣ فولت ومجموع قوة المحطة ٣٠٠٠٠ ألف كيلوات ويتكلف فيها المتر المكعب من الايدروجين ٥٦ كيلوات الساعة — وخلايا زالي وهلمبو كثيرة الاستعمال أيضا .

فترى من ذلك أن متوسط القوة الدافعة الكهربائية لكل بطارية يتراوح بين ٢ ٦ ٢٥٠ وعدد الامبيرات تختلف بحسب قوة المساقط فينتج إنتاجاً اقتصادياً وتختلف الخلايا كما ذكرنا في نوع المادة العازلة — السمنت أو الحجر الصخري أو شبكة معدنية وخلايا هلمبو تمتاز بارتفاعها وقلة المكان المطلوب لها أما خلايا شوكرت فتمتاز برخص إنتاجها وقلة التغير في أجزائها فالعازل يمحكث سبع سنوات والألكتروودات نحو ٩ سنين

وملء البطاريات كل سنتين— أما بطاريات الرصاص فقليلة الاستعمال لتقلها وقد يحضر الايدروجين أيضا بمحطة طرق أخرى بتفاعل الماء أو الحوامض على بعض المركبات مثل كريد الكاسيوم والفروسل يكون وغيرها وكل هذه الطرق لا أهمية لها في هذا المقام لعدم تيسر استعمالها .

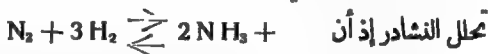
والآن وقد وصلنا إلى هذه النتيجة أى استخلاص الآزوت من الهواء ثم الايدروجين من الماء نأتى الآن إلى تحضير النشادر من هذين الغازين وقبل الخوض في الطرق المختلفة لتجمع هذين الغازين أود أن أتى نظرة عامة على ما يحيط هذا التفاعل من ظروف وتأثير خواص الغازات فيه فقد ذكرت قبل الآن أن الآزوت غير قابل للتفاعل في حالته الطبيعية إذ أن جزيئه ليس من الجزيئات النشيطة وبناء عليه وجب تنشيطه بإحدى الطرق الفعالة لنخرجه عن هذا الكسل الطبيعي . وإحدى هذه الطرق وأهمها تأثيراً هي بواسطة العامل المساعد . ونظرية هذه المساعدة هي امتصاص الغاز ( الآزوت ) بإحدى هذه العوامل . امتصاصاً سطحياً ثم إعطائه ثانياً في حالة الذرية فيصبح نشيطاً . وهذه العوامل المساعدة مثل كريد الحديد أو أكسيد الكوبلت أو الأسميد أو الفنادين أو البلاتين أو غيرها تلك هذه الخاصة ولكنها ليست في الحرارة المعتادة بل في درجات من ٥٠٠ — ٦٠٠°م وهذا ما يزيد الطريقة تعقيداً لتأثير الحرارة في تحلل جزيئات الآزوت المركب . وهناك طرق أخرى لتنشيط الآزوت باتحاده مع الألمنيوم أو مع كريد الجير سنأتى عليها بعد .

وطريقة العامل الوسيط هذه هي المستعملة في تثبيت الآزوت باتحاده

مع الايدروجين لتكوين النشادر وتتوقف عملية النشادر بعد التنشيط  
بالمعامل الوسيط على نظريتين أساسيتين .

الأولى : إن حجما من الأزوت يتحد بثلاثة أحجام من الايدروجين  
ليكون حجمين من النشادر أى أن أربعة أحجام غازات تنقلص إلى حجمين  
من النشادر الغازى ومعنى هذا بحسب نظرية أفوجادرو وقانون تأثير  
القوى أن الضغط لابد وأن يساعد هذا التفاعل إذ أنه ( أى الضغط )  
سيؤثر على الأربعة حجوم غازات فتتجه إلى الاتجاه الذى يقل فيه الضغط  
أى إلى اتجاه تكوين النشادر الذى هو أقل حجما .

الثانية : إن تكوين النشادر يعطى حرارة وهذه الحرارة تساعد على  
تحلل النشادر إذ أن



توازن التفاعل يتجه إلى كفة النشادر فى البرودة ولذا كانت سرعة  
التبريد ضرورية لاستبقاء جزء كبير من النشادر المتكون قبل تحلله —  
وهذا طبعا غير تأثير الحرارة التى يجب أن تعطى للمعامل الوسيط — ويساعد  
عدم تحلل النشادر فى مثل هذه الحال بالضغط أيضا لجمع جزء من المتحلل  
 وإعادة تكوينه ولنرى الآن تأثير الضغط فى إعادة مجمع النشادر  
بالجدول الآتى فى ٢٠٠° بعد تحلله .

ضغط جوى	واحد	٣٠	١٠٠	٢٠٠
نسبة المتكون	١٥,٣ %	٦٧,٧	٨٠,٦	٨٥,٦

أما فى درجات الحرارة العالية فيتحلل جزء أكبر فيبقى مع ضغط  
٢٠٠ جو. فى درجة ٥٠٠° (درجة المعامل الوسيط) نحو ٢٥ % . هذا إذا

صنعت الغازات إلى مدة طويلة أما إذا كان تيار الغازات مستمرا ( كما هو الحال دائما في الصناعات الغازية ) فيبقى نحو ٨ ٪ وبأتم الطرق التبريدية الحديثة نحو ١٢ ٪ من كمية النشادر وهي نسبة صناعية جيدة .  
وأتم الطرق المستعملة لعمل النشادر من مركباته أربع طرق — طريقة هابر وفورز وكاتالى وكلودر والطريقتان الأولىان تشتغلان بضغط لا تزيد عن ٢٠٠ جو أما الطريقة الثالثة والرابعة فتشتغلان على ضغط ٨٠٠ — ١٠٠٠ جو — وتختلف الطرق الثلاث الأولى في تحضير الغازات الأساسية أولا ثم في تصميم الفرن النشادرى ثانيا وفي كمية الضغوط ثالثا ولنبدأ بأهمها وأكثرها إتباعاً وهي عملية هابر : ( شكل ٣ ) .

تتلخص هذه العملية بعد تحضير الآزوت من ضواغط الهواء (طريقة لندا) ثم تحضير الايدروجين من غاز الماء بعد تنقية أول أكسيد الكربون بواسطة بخار الماء وتنقيته وامتصاصه كثنائي أكسيد الكربون يؤخذ — مزيج الغازين المبرد في ١٤ ويمرر في فرن من الصلب فيمران على العامل الوسيط — وهو غالباً كريد الحديد أو الكوبلت المسخن في درجة ٤٥٠ — ٥٠٠ م بسرعة هادئة تحت ضغط ٢٠٠ جو (١٦) فيتجمع نحو ١٢ ٪ من الغازين إلى نشادر ثم ينزل من النشادر السائل من أسفل الفرن إلى الطلمبة وبها يضغط مع الغازات الأخرى المتبقية إلى ١٢ وهنا يفصل الغاز المتكون إلى نشادر إلى المبرد ١٥ ومنها يسحب بينما الغازات غير المتحدة تخرج ثانياً من ١٢ إلى المبرد ١٤ وتعود بدورها إلى الفرن ١٦ وهكذا وهذه الطريقة لا تحتاج إلى كهرباء كبيرة لعدم استعمالها في تحضير الايدروجين.



أما طريقة فوزر فكما هو مبين في شكل (٤) يحضر الأيدروجين بواسطة بطاريات تحليل الماء كما شرحناها من قبل (١) ويتجمع الأيدروجين من القطب السالب فوق عازمتر ٢ يمتص الأيدروجين بواسطة المضخة ١٤ إلى إناء ١٣ حيث يميز في هذا الإناء بنسبة ٣ أحجام إيدروجين إلى حجم واحد آزوت ومنه إلى الغازومتر ٤ وبواسطة المضخة يمتص ٣ ويضغط إلى الفرن ٦ وبلغ ارتفاعه ٨ أمتار وفيه العامل الوسيط المسخن إلى ٥٠٠°— وهو غالباً كريد الحديد وتمر الغازات تحت ضغط ٢٥٠ جو فتتحد ثم تبرد في ٨ ٩ ٦ ١٠ ويؤخذ النشادر إلى ١١ حيث يخرج الهواء بنسبة ٤ نشادر إلى ٤٠ هواء أو أربعة نشادر إلى ٨ أو كسيجين ليحترق إلى حامض الآزوتيك في فرق ١٢ ويركز في الأبراج ١٥ وبذا تكون قد انتهت العملية .

وتتلخص طريقة كزالي في إدخال مزيج الغازات الآزوت والأيدروجين إلى الضاغط (٢) الذي يضغط الغازات على ست خطوات إلى ٨٠٠ جو وبعد تنقية الغازات في ٤ ٦ ٥ يدخل إلى الفرن ٦ فيمر على العامل الوسيط وهو المسخن إلى نحو ٥٠٠° وفي هذا الفرن يتحول نحو ٢٠٪ من الغازات إلى نشادر ثم يبرد النشادر إلى ٢٠٠° وينقل منها إلى مبرد آخر (٧) وبعد تحويله إلى سائل يؤخذ إلى المستودع ٨ تحت ضغط أخف ثم يخفف الضغط ثانياً في المستودع (٩) حتى يصل إلى ٢٠ جو فقط حيث يؤخذ النشادر السائل من الفتحة ١٠ أما النشادر الذي يتسرب فيذوب

في الماء في إناء ١٢ ومنها يؤخذ محلول النشادر . ( شكل ٥ )  
ويستعمل في كل هذه الطرق بحسب الباتنتات المختلفة أفران مختلفة  
لاتحاد الغازات وهذا هو أم فارق بين الطرق المختلفة ولنضرب مثلا  
لذلك فرن النشادر في طريقه كالألى : ففي هذا الفرن تدخل الغازات كما  
هو مبين في شكل ٦ من فتحة ( ١ ) ويعر مزيج الغازات بالنسبة المحددة  
على العامل الوسيط المسخن ٤ بواسطة مقاومة تيار كهربائي في ٥٠٠° ( ٣ )  
ويبرد المزيج المتحد بعد ذلك بواسطة المبردات ٢ ٦ ٢ ١ بتيار الهواء السائل  
ويمزج النشادر بالسائل المضغوط بعدئذ من الفتحة ( ٥ ) وهذه الأفران في  
الغالب محاطة بجملعة أسرار صناعية كنوع العامل الوسيط وحرارته وطريقة  
التبريد وتفاصيلها وضغط الغازات وسرعتها وهلم جرا .

وهناك طريقة أخرى لعمل النشادر من خاماته وهي طريقة كلود  
وفيها تضغط الغازات تحت ١٠٠٠ جو وهي تعطى نسبة أعلى من سواها  
عن الكيلووات ساعة إلا أن إنتاجها محدود ومصانمها عالية التكاليف  
بدرجة تموق استعمالها في كل مكان وبسهولة مع كثرة الإنتاج .

أما طريقة تنبيت الازوت باتحاده مع كريد الكلسيو إلى سيانيد  
الجير فتححتاج إلى فحم كثير أولا لاختزال الجير إلى معدن الكلسيوم ثم  
اتحاده إلى كريد الجير ويتحول بعد ذلك إلى كربونات الجير الذي هو  
منتج ثانوى لا ثمن له في مصر لوجوده بكثرة ولا تستغل فيه الكهرباء إلا  
بقدر تسخين الأفران ولذا فليس من حسن استغلال كهرباء خزان أسوان  
اختبار هذه الطريقة .

أما طرق تثبيت الآزوت مباشرة مع أكسيجين الهواء ليكون أكسيد الآزوت بالاحتراق الكهربائي في أفران متعددة متحدة في النظريات وهي تعريض أكبر حجم من الهواء الى سطوح الشرر الكهربائي الذي يتولد بين أقطاب كهربائية بطريقة أو بالأخرى .

ومن هذه الأفران أفران شونهر التي تدخل الهواء الى الفرن بطريقة ملائمة لحاطه فيحدث في تياره دورانا حلزونيا يعرض سطحاً أكبر من الهواء للشرر .

أوفرن بولنج ويمرر الهواء على قطبين متفرجين تتناول بينهما الشرر الى أن تنقطع — ويتعرض أيضا سطح الهواء هنا لتأثير الشرر بكمية لا بأس بها .

ثم أشهرها وهو فرن بركلاندواينا . ففي هذا الفرن مغنطيسان كهربائيان موصلان الى تيار متغير الأقطاب المغنطيسية من موجبة الى سالبة وبالعكس ٤٠٠٠ مرة في الدقيقة وعمودى على محور هذين المغنطيسين قطبان كهربائيان آخران يبعثان بشراة قوية بينهما . فتلقط هذه الشراة من قطب الى الآخر بهذه السرعة مكونة فيما بين المغنطيسين منطقة عالية الحرارة . الشمس الكهربائية . وبعمرور الهواء الآتى من أسفل الفرن واختراقه لهذه المنطقة يتكون فيه أكسيد الآزوت بنسبة لا بأس بها وكل هذه الأفران مهما كلفت في احتياطها فسرعة تحلل أول أكسيد الآزوت في درجة حرارة هذه الأفران وهي حوالى ٣٢٠٠ (وهي أكثر درجة نسبيا يتكون فيها أول أكسيد الآزوت) أقول سرعة التحلل

عالية جداً بلوحة يتعذر فيها على الصناعة الحصول على أكثر من نسبة معدودة من أكسيد الأزوت سليماً . ولأضرب لكم مثلاً بين سرعة هذا التحلل أذكر أنه في هذه الدرجة ٣٢٠٠ تكون حوالى ..... من الثانية كما حسبها العالم نرنست ومن هنا يتضح صعوبة التحايل على استبقاء جزء أكبر . ويصل تكاليف كل ٨٠ جرام (في أحسن الأحوال) من حامض الازونيك نحو ١ كيلوات ساعة أى أن كيلو جرام الأزوت يكلف نحو ٧٥ كيلوات ساعة . وهذا أيضاً لا يأتى فى الاعتبار للصناعة فى مصرهما رخص انتاج الكهرباء .

ويعد هذا المختصر العلمى أسوق إليكم بعض الأرقام الاحصائية عن أى الطرق أقرب الى الاستغلال فى مصر مع مقارنة بسيطة للطرق الأخرى يتكلف كيلو جرام الأزوت لتحويله الى نشادر بطريقة هابر نحو ١٥ كيلوات ساعة ويزيد على ذلك تكاليف تحضير الأزوت (نحو ٢ كيلوات ساعة) وتكاليف الايدروجين (نحو ١٥ كيلوات ساعة وحرقة الى حامض الازونيك ٢ - ٣ كيلوات ساعة فيكون المجموع ١٩ - ٢٠ كيلوات ساعة بينما يتكلف كيلو جرام الأروت المتحد الى نشادر فى طريقة السيانييد نحو ٢٠ كيلوات ساعة أضف الى ذلك تكاليف حرق النشادر من ٢ - ٣ كيلوات ساعة أى نحو ٢٢ - ٢٣ كيلوات ساعة أما فى طريقة حرق الهواء مباشرة بالأفران المختلفة فتصل فى أحسن أحوال الحرق والتبريد لكل كيلو جرام أزوت متحد من ٧٠ - ٧٥ كيلوات ساعة

هذا طبعا بدون النظر الى الخمامات فى الحالة الأولى والثانية ينعدم ثمن الخمامات اذ أنها الهواء والماء بينما فى الحالة الثانية يضاف ثمن الكربون الذى سيتحول الى السيأيميد .

ويتكلف فى طريقة هابر المترم المكعب من الايدروجين المحضر من غاز الماء نحو مليم ونصف مليم أى ما يعادل فى الايدروجين الكهربائى نحو ٣٠ مليم للكيلووات ساعة .

وتكون اذن العملية اقتصادية اذا أمكن تحضير الكيلووات ساعة كهربائيا فى التيار المتواصل ( D.C ) الواطء الدفع بما يعادل ١/٤ ثمن كيلوجرام فحم الكوك والا كانت طريقة غاز الماء أجدى .

وكل هذه الحسابات محسوبة على المقاس الصناعى الكبير .

ولمقارنة الأثمان العالمية لكيلوجرام الأزوت اعتمد فى عام ١٩٢٥

مقدرة بالفرنك الذهب كالآتى : —

مصنع	كيلو جرام $N_2$ فرنك	مصنع	كيلو جرام $N_2$ فرنك	مصنع	كيلو جرام $N_2$ فرنك
B.A.S.F. «بار»	٦٢,٣	بلنجهام	٧٢,٠	نوفارا	٦٥,٢
مرسبرج	٥٨,٥	شفيلد	٧٧,٨	بثين	٦٥,٣
				نيرامنتويرو	٦٩,٤

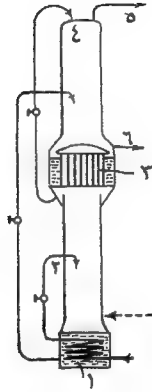
وقد يكون تحويل حامض الأزونيك فى مصر الى نترات الجير هو أرخص الأماكن لوجود كربونات الجير فى الأراضى المصرية بصفة لا بأس بها فى النقاوة ومنها ما هو قريب من الخزان ويمكن نقلها اليه

بمجهود بسيط كما أنه ولا شك من الممكن استعمال كربونات الصودا من وادى النظرون اذا أريد تحضير نترات الصوديوم أو استبقاء النشادر وتحويله الى أملاحه اذا أريد استخدامه كسلفات النشادر أو غيرها .

ورغم أن طريقة تحضير الأسمدة عن طريق تكوين النشادر ثم حرقه طريقة مزدوجة كما ذكرنا وتكاليف مصنعها أكثر من تكاليف مصنع الحرق المباشر إلا أن رخص انتاجها وامكان أكثره وسرعة الانتاج كل هذا من المبررات التي جعلت كل الامم الآخذة بهذه الصناعة خديشا تلجأ الى هذه الطريقة - أى تكوين النشادر .

وبفرض كثرة تكاليف مصنع من هذا النوع ففي مصر يتلشى جزء كبير منها لوجود خزان أسوان الذى انما وجد ليخدم غرضا آخر . ويكون عادة بناء خزان لحجز المياه فى أوروبا الجزء الأكبر من التكاليف لمثل هذا المصنع .

وانى لشديد التفاؤل بمستقبل مثل هذا المشروع فى مصر ليس فقط لتوفير الملايين من الجنيهات سنويا وبصرفها فى داخل البلاد وهذا مما سيشجع الزراع لاستغلال تربتهم بطريقة أجود واستغلال الاراضى البور لرخص الأسمدة هذا مع احياء مديرتين أو ثلاث هى من أكثر مديريات القطر بؤسا وفاقا بتعمير أجزائها وأمكان استخدام الكهرباء المولدة فى كثير من الصناعات التي يصح أن تتركز فى هذا الجزء من القطر وبالأخص لقرب بعض مناجم المعادن وغيرها من هذه الجهة النائية فيزداد عمرانها وثروتها والسلام .

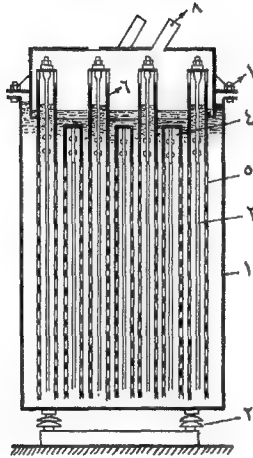


شكل ١ - مقطر الهواء

(١) المكثف الأول. (٢) مخرج الهواء السائل. (٣) المكثف الثاني  
(٤) مخرج النيتروجين السائل. (٥) مخرج النيتروجين الغازي. (٦) مخرج الأكسجين





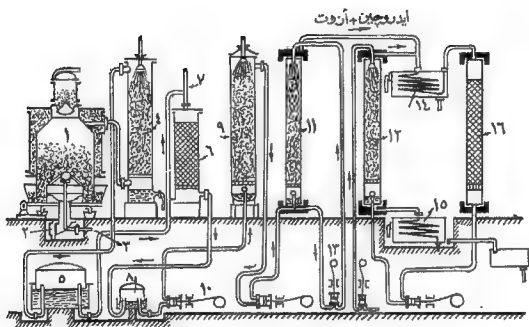


شكل ٢

### تحليل الماء الكهربائي

- ١- الحائط الحديدى للبطارية . (٢) المعازل . (٣) القطب الحديدى
- ٤- الحاجزين الاقطاب . (٥) كيس الخبز العسقي . (٦) مخرج الغاز
- ٧- مدخل التيار . (٨) أنبوبة الغازات

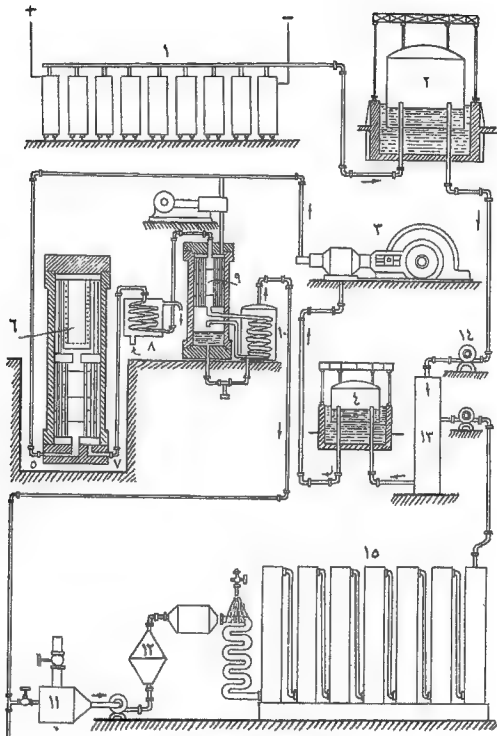




شكل ٣- طريقة هابر

- ١- مجفف الغاز المائي ٢، ٣ دخول الغازات ٤- منظم الغازات
- ٥- الغاز ومتر ٦- مجفف الأيدروجين ٧- دخول بخار الماء ٨- غاز ومتر
- ٩- منظم ثاني أكسيد الكربون ١٠- مضغط الهواء ١١- منظم أول أكسيد الكربون ١٢- امتصاص الشارز
- ١٣- طلب امتصاص ١٤- مبرد الغازات ١٥- مبرد الماء ١٦- فرن الشارز

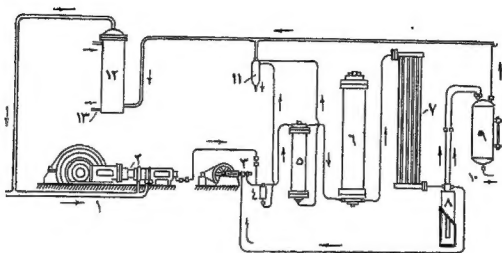




شكل ٤ طريقة فاويز

- ١- بطارية لتفصيل الماء
- ٢- جازومتر للايدروجين
- ٣- ضاغط
- ٤- غاز متبريح الايدروجين والازوت
- ٥- دخول الغازات
- ٦- فرن الاختزال
- ٧- خروج الغازات
- ٨- مبرد للماء
- ٩- مبرد الغازات
- ١٠- مبرد للنشادر المتكون
- ١١- مانع للنشادر والهواء
- ١٢- فرن احتراق للنشادر
- ١٣- مانع للازوت والايديجين
- ١٤- عداد للغازات
- ١٥- أبراج حامض النتريك

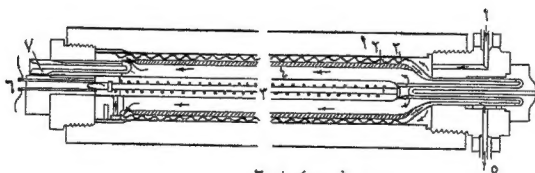




شكل ٥

### مشروع طريقة كازال

- ١- مدخل بخلوط الغازات . ٢- ضاغط . ٣- طليخ . ٤- ١١ - منقط الزيت .
- ٥- منطف . ٦- هرن النشار . ٧- مبرد . ٨- ٩ - مخزن الامونيا (النشار المضغوط) .
- ١٠- مخرج النشار . ١٢- اناء لجمع النشار . ١٣- مخرج ماء النشار .



شكل ٦

### فرن كازال

- ١- مدخل بخلوط الغازات . ٢- ١٢٠ مبرد . ٣- مقاوم كهربائي . ٤- عامل مساعد .
- ٥- مخرج النشار . ٦- مدخل التيار لفرقة . ٣ . ٧- مقياس الحرارة .







